

5. Калугіна, І. М. Моделювання драглеподібних страв функціонального призначення з добавками морських водоростей [Текст] / І. М. Калугіна // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 4. – С. 14–16.
6. Колісниченко, Т. О. Обґрунтування доцільності використання морських водоростей при виробництві емульсійних соусів [Текст] / Т. О. Колісниченко // Риб. Госп-во України. – 2010. – № 7. – С. 14–15.
7. Некрасов, П. О. Дослідження фізіологічних властивостей жирових емульсійних систем, збагачених діацилгліцеридами [Текст] / П. О. Некрасов // Вопр. Хімії і хім. технологи. – 2010. – № 4. – С. 55–58.
8. Токарчук, Ю. Характеристика та застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) [Текст] / Ю. Токарчук та ін. // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2009. – № 6. – С. 18–22.
9. Дмитрик, І. Особливості використання харчових текстур у молекулярній технології [Текст] / І. Дмитрик // Товари і ринки. – 2009. – № 2. – С. 58–64.
10. Mc Natt Kristen, W. Foods colors and safety; consumer viewpoint [Text] / W. Mc Natt Kristen, E. Powers Mary, A. Sloan Elizabeth // Food Technol. – 2006. – P. 15–17.
11. Pereyra, Ricardo Interaction and stabilization of acidified casein dispersions with low and high methoxyl pectins [Text] / Ricardo Pereyra, A. Schmidt Karen, Louise Wicker // J. Agr. and Food Chem. – 1997. – Vol. 45, № 9. – P. 3448–3451.

У статті наведено результати криоскопічних досліджень діапазонів температур льодоутворення-плавлення та масової частки вимороженої води в розчинах харчових інгредієнтів полісахаридної природи; доведено, що їх вид та концентрація впливають на характер кристалізації та стабільність систем під час заморожування-розморожування

Ключові слова: заморожування, розморожування, льодоутворення, виморожена вода, харчові інгредієнти полісахаридної природи

В статті приведені результати криоскопічних досліджень діапазонів температур льодоутворення-плавлення та масової частки вимороженої води в розчинах харчових інгредієнтів полісахаридної природи; доказано, що їх вид та концентрація впливають на характер кристалізації та стабільність систем при замороживанні-розмороживанні

Ключевые слова: замораживание, размораживание, льдообразование, вымороженная вода, пищевые ингредиенты полисахаридной природы

УДК 544.352.2:637.5.032

КРИОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗЧИНІВ ХАРЧОВИХ ІНГРЕДІЄНТІВ ПОЛІСАХАРИДНОЇ ПРИРОДИ

М. О. Янчева

Кандидат технічних наук, доцент,
професор, завідувач кафедри*

E-mail: ya_marina@rambler.ru

Т. С. Желєва

Аспірант*

E-mail: taniysha_89@mail.ru

М. І. Погожих

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
Кафедра енергетики та фізики**

E-mail: drpogozhikh@mail.ru

О. О. Гринченко

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
Кафедра технології харчування**

E-mail: grenol@mail.ru

*Кафедра технології м'яса**

Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

1. Вступ

У технологіях виробництва заморожених харчових продуктів, зокрема м'ясних, з метою збереження їх якості можливо використання інгредієнтів, які нівелюють негативну дію низьких температур. Сьогодні в харчовій (в тому числі м'ясній) промисловості при виробництві багатьох продуктів використовують харчові інгредієнти полісахаридної природи (ХІПП) з метою забезпечення необхідних фізико-хімічних та техноло-

гічних показників. Дослідження впливу низьких температур на властивості їх розчинів дозволить оцінити та обґрунтувати доцільність та раціональні параметри їх використання у технологіях м'ясних заморожених виробів.

Дане питання висвітлено в роботах багатьох вітчизняних та іноземних науковців [1–3], проте системних досліджень з цього питання немає. Дослідження криоскопічних характеристик дозволить визначити вплив заморожування-розморожування на характер

кристалізації та стабільність розчинів ХІПП, змоделювати їх поведінку у складі харчових систем, обґрунтувати вид та концентрацію інгредієнтів. Вищезазначене визначає перспективність та актуальність обраного напрямку дослідження.

2. Постановка проблеми у загальному вигляді

Однією з останніх тенденцій ринку є заморожені харчові продукти. Під час заморожування відбувається кристалізація води, що призводить до зміни теплофізичних, структурно-механічних, функціонально-технологічних та інших характеристик м'ясних систем, які безпосередньо впливають на функціонально-технологічні властивості розмороженої м'ясної сировини. Для забезпечення збереження якості заморожених м'ясних напівфабрикатів за реалізації ланцюга «заморожування-зберігання-розморожування» можливе використання ХІПП. Ці речовини, будучи високомолекулярними сполуками, ймовірно можуть мати кріоскопічні властивості та впливати на характер льодоутворення, пластифікацію та стабільність систем під час заморожування-розморожування. При цьому необхідно враховувати властивості кожного рецептурного компоненту харчової системи, в тому числі механізм його взаємодії з водою.

3. Аналіз літературних даних

Широке використання ХІПП при виробництві м'ясних продуктів, як відомо, обумовлено особливостями їх складу та функціонально-технологічними властивостями. Введення гідрокоолідів у м'ясні системи дозволяє зв'язати і іммобілізувати велику кількість води. Ця властивість допомагає регулювати в'язкість середовища, текстуру, знизити поверхневий натяг, сформувати структуровані шари на поверхні розділу фаз, що забезпечує стабілізацію необхідної якості одержаних систем в умовах зміни температури.

ХІПП, що використовуються у харчовій промисловості, являють собою полісахариди з високою молекулярною масою, екстраговані з рослин і водоростей або вироблені мікробіологічним синтезом. Вони використовуються як функціонально-технологічні інгредієнти для підвищення в'язкості; забезпечення гелеутворення, плівкоутворення, піноутворення; підвищення стабільності при нагріванні, заморожуванні-розморожуванні, запобігання росту кристалів; стабілізації суспензій або емульсій; інкапсулювання. Тому існують певні труднощі щодо обґрунтування вибору виду та вмісту ХІПП для певного кінцевого продукту.

У роботах [1–5] зазначено, що ХІПП являються дієвим технологічним інструментом регулювання структурно-механічних характеристик м'ясних систем та готової продукції. Структуруючи водні розчини, деякі полісахариди за рахунок синергічної дії та підвищення стійкості готової продукції при зберіганні забезпечують високі показники якості продукції за низькотемпературної обробки. Практично усі види полісахаридів проявляють високу вологов'язуючу (ВЗЗ) та вологоутримуючу здатність (ВУЗ), що створює передумови для одержання продукції зі

збільшеною соковитістю та виходом. Оскільки харчові полісахариди, являючись високомолекулярними з'єднаннями, в більшості випадків мають поліелектролітичну структуру, можна припустити, що, володіючи різними показниками ВЗЗ та ВУЗ, вони можуть виступати як бар'єрні засоби та оказувати характерний вплив на величину вимороженої води як одного з показників стійкості продукції при зберіганні.

Відомо, що молекули полісахаридів являють собою згорнуті в клубок ланцюги, які у разі потрапляння у воду або в середовище, що містить вільну вологу, розкручуються, тим самим обмежуючи рухливість молекул води. Таким чином, присутність полісахаридів у розчині призводить до збільшення його в'язкості, а це впливає на структуру льоду та перешкоджає переміщенню вимороженої води.

Полісахариди з великою молекулярною масою утворюють водні розчини, в яких відбувається гідратація молекул, і частина води є зв'язаною в структурі полісахаридів. Тому на властивості розчину впливає не тільки вміст у ньому сторонніх речовин, а й характер зв'язку розчинених речовин з водою, форми якої можуть бути різними. За рахунок великої молекулярної маси полісахаридів, може відбуватися кріостабілізація білків м'ясної системи в процесі зберігання в замороженому стані [4–8].

Безпосередній вплив на процеси льодоутворення має структурний стан води. Під час заморожування розчинів спочатку вимерзає вільна вода. По мірі її вимерзання збільшується концентрація розчину, що призводить до зміщення кріоскопічної температури в область більш низьких температур. Таким чином, при заморожуванні змінюється розташування та стан молекул води. При цьому виморожування води відбувається поступово, з підвищенням концентрації розчину, який залишився. При досягненні концентрації, певної для даного розчину, він весь застигає в суцільну тверду масу [1]. В процесі кристалізації молекули води рухаються від рідкої фази до стабільного стану на поверхні кристала, а молекули розчинених речовин дифундують у зворотному напрямку. Кріоскопічна температура залежить від концентрації розчину, ступеня дисоціації розчинених речовин та умов розчинення [2, 3, 9].

Розморожування – це процес, зворотний заморожуванню, що полягає в таненні кристалів льоду і відновленні первинних властивостей речовини. Розморожування протікає більш повільно порівняно з заморожуванням при одній і тій же різниці температур, що пов'язано з тим, що теплофізичні властивості льоду та води різні (теплопровідність льоду в 4 рази більша теплопровідності води). При заморожуванні спочатку замерзають поверхневі шари, їх теплопровідність збільшується, підвищується теплообмін, що й прискорює процес заморожування. При розморожуванні, навпроти, в першу чергу розморожуються поверхневі шари, що призводить до різкого зниження теплопровідності та теплообміну, й, відповідно, зменшенню швидкості самого процесу. Уповільнення процесу загалом приходить на самий критичний діапазон температур (поблизу точки плавлення льоду) [10].

В доступних літературних джерелах, не дивлячись на наявність значної інформації про специфіку функціонально-технологічних властивостей різних видів

ХІПП та їх роль у формуванні певних характеристик м'ясних виробів, відомості про їх кріоскопічні дослідження відсутні. Одержані дані дозволять обґрунтувати технологічні рішення з використання ХІПП у складі заморожених м'ясних систем.

4. Мета та завдання статті

Дослідження властивостей ХІПП під дією низьких температур дозволять розширити науково-практичну уяву про функціонально-технологічний потенціал ХІПП та нададуть можливість об'єктивно оцінити та спрогнозувати наслідки їх використання в складі заморожених м'ясних продуктів. Тому метою дослідження стало визначення кріоскопічних характеристик розчинів ХІПП залежно від їх виду та концентрації під час заморожування-розморожування. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- встановити температури початку та кінця процесу льодоутворення-плавлення вимороженої вологи розчинів ХІПП;
- визначити кількість вимороженої вологи у розчинах ХІПП, встановити ширину діапазонів льодоутворення та плавлення залежно від їх оборотності (необоротності) стосовно в'язкості;
- визначити вплив ХІПП на характер льодоутворення, рекомендувати ХІПП, які забезпечать досягнення технологічного ефекту.

5. Результати експериментальних кріоскопічних досліджень розчинів ХІПП

Об'єктами дослідження були водні розчини к-карагінану BLK 1120, j-карагінану, карбоксиметилцелюлози – Бланоза 7Н4ХF (КМЦ), метилцелюлози марки МЦ-100 (МЦ), альгілату натрію Algogel 3001, камеді ксантану, гуару, ріжкового дерева (КРД) та тари з концентраціями 0,5 % та 1 %. Окрім розчинів гідроколоїдів як контрольні зразки використовували воду дистильовану та воду питну за ГОСТ 2674.

Кріоскопічні дослідження проводили за допомогою низькотемпературного калориметру. Діапазони температур льодоутворення-плавлення та масову частку вимороженої вологи визначали за методикою, яку розроблено в Харківському державному університеті харчування та торгівлі. Дана методика заснована на вимірюванні кількості теплоти, що виділяється під час кристалізації вільної вологи в харчовій сировині. Суть калориметричної методики полягає у реєстрації сигналу диференціальної термопари, що фіксує різницю температури потоку холодної повітряно-азотної суміші, яка омиває досліджуваний зразок на вході та виході робочої камери калориметру [11].

Заморожуванню підлягали досліджувані зразки масою 25 г однакової геометричної форми (у вигляді циліндру), які поміщали у пластмасову ємність та занурювали у вимірювальну камеру калориметра із заданою від'ємною температурою середовища. Процес заморожування вважався закінченим після досягнення всередині досліджуваного зразка температури

заморожування ($-40,0 \pm 0,5$ °C). Після цього моменту здійснювали процес розморожування досліджуваних зразків шляхом встановлення в камері калориметра температури навколишнього середовища. Процес вважався завершеним після досягнення температури всередині досліджуваного зразка $20 \pm 0,5$ °C. Під час процесу заморожування-розморожування фіксували температуру всередині зразка, а також температуру суміші повітря та азоту на вході-виході з камери калориметра. Обробку отриманих даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення MathCad 14.

Отримані результати кривих заморожування-розморожування водних розчинів ХІПП мають однаковий характер, тому на рис. 1 представлено узагальнений вигляд термограм під час заморожування-розморожування досліджуваних зразків.

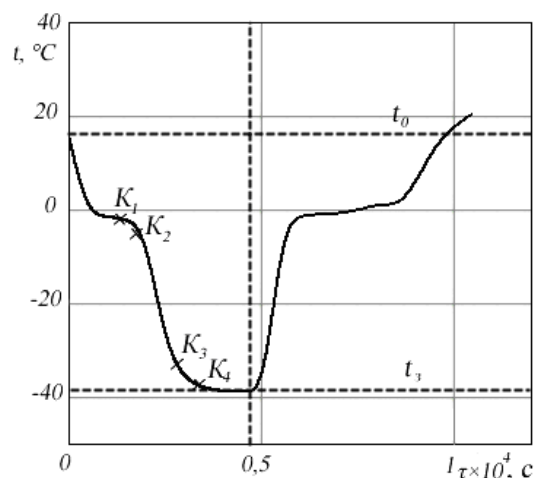


Рис. 1. Температура досліджуваних зразків під час заморожування-розморожування: K_1 , K_2 , K_3 , K_4 – критичні (евтектичні) точки процесу заморожування; t_0 – вихідна температура зразка, °C; t_3 – температура заморожування, °C

Аналізуючи результати заморожування зразків водних розчинів гідроколоїдів, визначено, що при заморожуванні деяких з них спостерігається утворення двох діапазонів кристалізації вологи. Встановлено, що процес кристалізації вологи у досліджуваних зразках розпочинається при субнульових температурах. Термограма розбита на дві ділянки, що відокремлені вертикальною лінією: ліва частина – ділянка заморожування до постійної температури, права частина – плавлення (розморожування) за постійної температури, що дорівнює температурі оточуючого середовища. Візуальна інформативність термограм показує, що криві заморожування та розморожування дещо відрізняються за тривалістю: процес розморожування триваліший за заморожування.

В процесі заморожування зразків можна виділяти три періоди: перший (переохолодження) – зниження температури досліджуваного зразка від початкової до кріоскопічної (проміжок до точки K_1); другий (заморожування) – період, протягом якого, температура в певному місці зразка майже постійна, оскільки виділення теплоти супроводжується переходом більшої частини води в лід. Під час заморожування, після переходу кріоскопічної точки, починається виморожування во-

логи. Більш низькі температури заморожування сприяють виморожуванню як вільної, так і зв'язаної води. Тобто до точки K_2 відбувається безпосередній процес кристалізації вільної води. Проміжок між точками K_1 та K_2 вважається першим діапазоном температур кристалізації води та льодоутворення. Третій період заморожування (доморожування) – період, протягом якого температура зразка знижується до заданої кінцевої. Так, з рис. 1 видно, що після точки K_2 далі відбувається охолодження зразка до точки K_3 , що характеризує початок кристалізації частки зв'язаної води. Проміжок від точки K_3 до точки K_4 – другий діапазон температур кристалізації води та льодоутворення. Після точки K_4 відбувається охолодження досліджуваного зразка безпосередньо до заданої температури заморожування.

На термограмі нагрівання (плавлення) також можна ідентифікувати аналогічні ділянки, які зумовлено розморожуванням води, тобто таненням льоду. Під час кріоскопічних досліджень одержано дані діапазонів температур льодоутворення та плавлення розчинів ХІПП, точки початку та кінця цих процесів, масової частки вимороженої води, швидкості заморожування та плавлення розчинів ХІПП.

Як контроль оборотності властивостей розчинів по відношенню до заморожування-розморожування обрано в'язкість розчинів до і після заморожування, яка вивчалась у попередніх дослідженнях. Їхнє співвідношення $\delta = \eta_{\text{зам}} / \eta_{\text{пл}}$ (де δ – показник оборотності розчинів, $\eta_{\text{зам}}$ – в'язкість розчинів до заморожування, $\eta_{\text{пл}}$ – в'язкість розчинів після заморожування) вибирали як критерій оборотності розчинів. При значенні $\delta > 1$ вважали, що розчин поводитись необоротно (в'язкість після плавлення була менша порівняно з первинною), при значенні $\delta \approx 1$ – розчин вважали оборотним за даною властивістю, при значенні $\delta < 1$ – в'язкість після плавлення більша (поведінка розчинів може надавати додатковий функціонально-технологічний ефект в межах харчової системи). Висновок про доцільність використання водних розчинів таких речовин слід робити з огляду на органолептичні та технологічні властивості готової харчової продукції, бо ХІПП повинні мати певні властивості не тільки під час заморожування-розморожування, а й під час термічної обробки, тобто утримувати вологу під час високотемпературної обробки.

На рис. 2, 3 представлено діапазони температур льодоутворення та плавлення досліджуваних зразків, побудовані у градації за значеннями співвідношенні в'язкості до та після заморожування.

Одержані результати дослідження показують, що за всіх концентрацій ХІПП 2 діапазон температур кристалізації та льодоутворення і 1 діапазон температур плавлення води розчинів не спостерігаються.

Обробка експериментальних даних (для розчинів ХІПП 0,5 % концентрації) свідчить про те, що найбільшу швидкість заморожування має камедь тари – $0,72^\circ\text{C}/\text{хв}$. Для інших розчинів швидкість заморожування зменшується в такій послідовності: альгінат натрію, к- та j-карагінани ($0,66^\circ\text{C}/\text{хв}$) > камедь ксантану ($0,60^\circ\text{C}/\text{хв}$) > камедь гуару та КМЦ ($0,54^\circ\text{C}/\text{хв}$); найменшу швидкість заморожування мають МЦ та КРД ($0,42^\circ\text{C}/\text{хв}$).

Для процесу плавлення спостерігається інша закономірність. Найбільшу швидкість плавлення має j-карагінан – $0,48^\circ\text{C}/\text{хв}$. Для інших розчинів швидкість плавлення зменшується в такій послідовності: камедь тари ($0,36^\circ\text{C}/\text{хв}$) > k-карагінан ($0,24^\circ\text{C}/\text{хв}$) > камедь гуару ($0,14^\circ\text{C}/\text{хв}$) > КМЦ ($0,13^\circ\text{C}/\text{хв}$) > альгінат натрію ($0,12^\circ\text{C}/\text{хв}$) > МЦ та КРД ($0,09^\circ\text{C}/\text{хв}$); найменшу швидкість плавлення має камедь ксантану ($0,08^\circ\text{C}/\text{хв}$). Тобто певні розчини мають незворотні зміни у теплових властивостях. Необхідно зауважити, що швидкість заморожування для усіх 0,5 % розчинів більша швидкості плавлення.

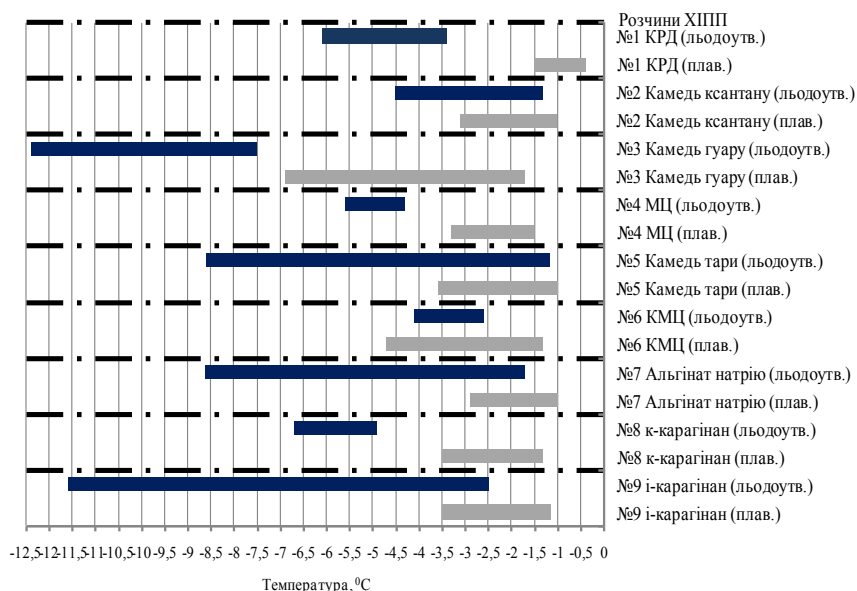


Рис. 2. Діапазони температур льодоутворення та плавлення водних розчинів ХІПП 0,5 % концентрації

Відносно 1 % розчинів ХІПП слід зазначити, що найбільшу швидкість заморожування мають камедь тари, альгінат натрію, j-карагінан та КРД ($0,60^\circ\text{C}/\text{хв}$). Для інших розчинів швидкість заморожування зменшується в наступній послідовності: камедь гуару ($0,42^\circ\text{C}/\text{хв}$) > МЦ та КМЦ ($0,36^\circ\text{C}/\text{хв}$) > k-карагінан ($0,24^\circ\text{C}/\text{хв}$); найменшу швидкість заморожування має камедь ксантану ($0,12^\circ\text{C}/\text{хв}$), що у 5 рази менше порівняно з камеддю тари.

Для процесу плавлення спостерігається інша послідовність. Найбільшу швидкість плавлення має камедь ксантану ($1,8^\circ\text{C}/\text{хв}$). Для інших розчинів швидкість зменшується в такій послідовності: альгінат натрію ($1,02^\circ\text{C}/\text{хв}$) > КРД ($0,84^\circ\text{C}/\text{хв}$) > камедь тари ($0,72^\circ\text{C}/\text{хв}$) > камедь гуару та КМЦ ($0,54^\circ\text{C}/\text{хв}$) > МЦ та j-карагінан ($0,30^\circ\text{C}/\text{хв}$); найменшу швидкість плавлення має k-карагінан ($0,03^\circ\text{C}/\text{хв}$), що у 60 разів менше порівняно з камеддю ксантану.

З цих даних видно, що швидкості плавлення для усіх 1 % розчинів більші швидкості заморожування; швидкість плавлення 1 % розчинів набагато більша швидкості плавлення 0,5 % розчинів.

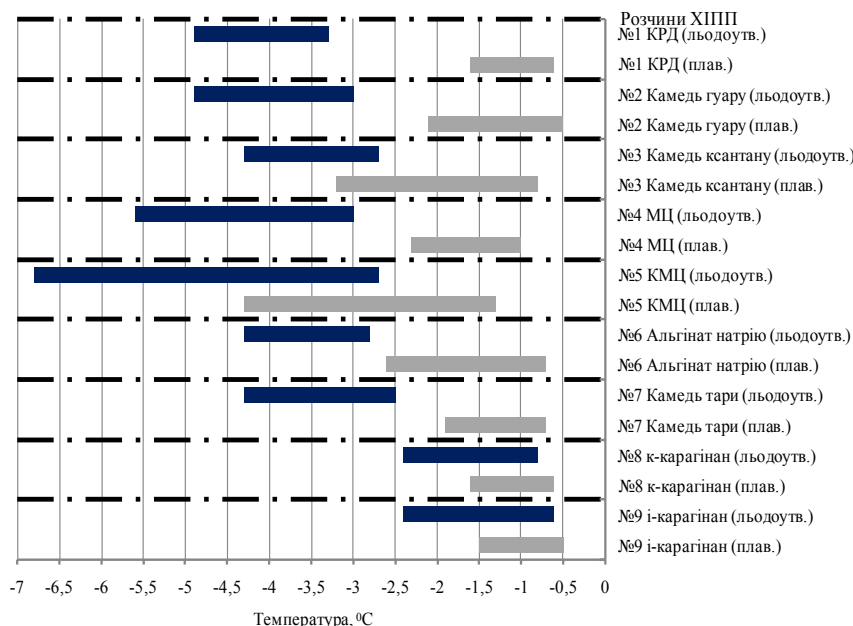


Рис. 3. Діапазони температур льодотворення та плавлення водних розчинів ХІПП 1,0 % концентрації

Досліджено зміни масової частки вимороженої води для розчинів ХІПП 0,5 % та 1 % концентрації (табл. 1). Встановлено, найбільшу масову частку вимороженої води має КМЦ – 96,0 %; далі її частка зменшується у такій послідовності: МЦ (95,1 %) > > камедь ксантану (90,6 %) > КРД (89,7 %) > альгінат натрію (87,3 %) > к-карагінан (87,0 %) > камедь гуару (85,7 %) > камедь тари (84,7 %) > j-карагінан (82,5 %). Найменша масова частка вимороженої води притаманна розчинам j-карагінану.

Закономірності зміни масової частки вимороженої води для розчинів ХІПП 1 % концентрації мають декілька інший характер (табл. 1).

Узагальнення одержаних експериментальних даних стосовно масової частки вимороженої води розчинів ХІПП за концентрації 0,5 % та 1 %, дозволяє зробити висновки, що зі збільшенням концентрації ХІПП кількість вимороженої води зменшується. Так, наприклад, діапазон масової частки вимороженої води для розчинів за концентрації 0,5 % становить 82,5...96,0 %, 1 % – 54,4...87,7 %. Ці дані є підґрунтям щодо вибору виду та концентрації ХІПП у складі харчової продукції, що підлягає заморожуванню-розморожуванню, з огляду на здатність їх розчинів утримувати вологу у рідкому стані та під впливом низькотемпературної обробки.

Виходячи з аналізу одержаних експериментальних даних діапазонів температур льодотворення та плавлення 0,5 % та 1 % розчинів (табл. 1), можна зробити висновок, що найбільший діапазон температур льодотворення спостерігається у альгінат натрію – 7,4 °С. Далі даний показник зменшується у такій послідовності: КРД (6,9 °С) > камедь тари (4,9 °С) > > камедь ксантану (3,2 °С) > камедь гуару (2,7 °С) > > j-карагінан (2,4 °С) > к-карагінан (1,8 °С) > КМЦ

(1,5 °С) > МЦ (1,3 °С). Найбільший діапазон температур плавлення спостерігається у камеді тари (5,2 °С); далі діапазон температур плавлення зменшується у такій послідовності: КМЦ (3,4 °С) > альгінат натрію (2,6 °С) > j-карагінан (2,4 °С) > > к-карагінан (2,2 °С) > камедь ксантану (2,1 °С) > КРД (1,9 °С) > > МЦ (1,8 °С) > камедь гуару (1,1 °С). Видно, що діапазони температур льодотворення більші ніж діапазони плавлення – 7,4...1,3 % та 5,2...1,1 % відповідно.

Очевидно, це пов'язано з тим, що при заморожуванні змінюються теплофізичні властивості розчинів за рахунок того, що збільшується неоднорідність розчину: утворення льоду на поверхні спричиняє рух рідини з розчином відповідних ХІПП у середину зразка. За цих умов концентрація розчину у середині зразка збільшується. Такий процес й призводить до розширення діапазону температур льодотворення.

На етапі плавлення широкий діапазон температур плавлення означає, що спостерігається перекристалізація або навіть плавлення льоду вже за низьких температур – -7 °С та вище. Тому

плавлення може спостерігатися навіть у середині зразка, але найбільш інтенсивне даний процес спостерігається на поверхні зразка, тому частина води може рухатися до центру зразка й, в свою чергу, знову перетворюватися у лід. Такий механізм й призводить до розширення діапазону температур плавлення. Це необхідно враховувати при використанні розчинів ХІПП та прогнозуванні функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем, що піддаються зберіганню за низьких температур та подальшій тепловій обробці.

Таблиця 1

Кріоскопічні характеристики водних розчинів ХІПП

Найменування ХІПП	δ	Масова частка вимороженої води (%) розчинів за концентрації ХІПП		Діапазон температур льодотворення води (°С) розчинів за концентрації ХІПП		Діапазон температур плавлення води (°С) розчинів за концентрації ХІПП	
		0,5 %	1 %	0,5 %	1 %	0,5 %	1 %
КМЦ	0,67	96,0	86,8	1,5	4,1	3,4	3,0
МЦ	0,82	95,1	86,6	1,3	2,6	1,8	1,3
Камедь ксантану	0,94	90,6	87,7	3,2	1,6	2,1	2,4
Камедь гуару	0,83	85,7	81,0	2,7	1,9	1,1	1,6
Альгінат натрію	0,47	87,3	82,0	7,4	1,5	2,6	1,9
КРД	2,47	89,7	81,3	6,9	1,6	1,9	1,0
Камедь тари	0,81	84,7	82,1	4,9	1,8	5,2	1,2
к-карагінан	-	87,0	54,4	1,8	1,6	2,2	1,0
j-карагінан	-	82,5	62,7	2,4	1,8	2,4	1,0

Діапазон температур льодоутворення визначається теплофізичними властивостями зразка та зовнішнім теплообміном. Вважаючи, що умови для зовнішнього теплообміну сталі, то чим більше цей діапазон, тим більший тепловий опір зразка, тобто теплопровідність менша. Це означає, що розчини ХІПП мають пластифікуючу дію на процес льодоутворення.

Узагальнюючи результати дослідження, можна сказати, що найбільш суттєве розширення діапазонів температур льодоутворення та плавлення спостерігаються для розчинів КМЦ, альгілату натрію, камедей ксантану, ріжкового дерева та тари.

Також відповідно до експериментальних даних визначено, що зі збільшенням концентрації у розчині від 0,5 % до 1 % у більшості ХІПП зменшується температура льодоутворення.

Можна зауважити, що діапазони температур льодоутворення відносно діапазонів температур плавлення за обох концентрацій дещо зміщені ліворуч, але перекриваються. Однак не для всіх розчинів спостерігається перекривання діапазонів температур; для 0,5 % розчинів камеді гуару, КРД, МЦ та k-карагінану та 1 % розчинів камеді гуару та тари, КРД, МЦ, альгілату натрію вищезначений ефект не спостерігається. Перекривання діапазонів температур льодоутворення та плавлення за обох концентрацій спостерігається у КМЦ, камеді ксантану, j-карагінану. Вірогідно, це по-

яснюється зворотністю (незворотністю) властивостей розчинів.

6. Висновки

Таким чином, експериментально встановлено температури початку та кінця процесу льодоутворення-плавлення вимороженої вологи розчинів ХІПП та її кількість. Доведено, що всі ХІПП, що досліджувались впливають на характер льодоутворення їх розчинів, мають пластифікуючу та стабілізуючу дію. Розчини досліджуваних речовин неоднозначно впливають на температури льодоутворення і плавлення, ширину діапазонів льодоутворення і плавлення залежно від їх оборотності (необоротності) стосовно в'язкості. В'язкість характеризує стійкість розчину до заморожування-розморожування. Практично всі розчини мають температуру плавлення більше температури заморожування. З досліджуваних розчинів ХІПП, з точки зору досягнення технологічного ефекту, можна рекомендувати альгілат натрію, камеді ксантану і тари. Таким чином, фізико-хімічний потенціал даних сполук під дією низьких температур дає змогу прогнозувати їх використання у технологіях заморожених м'ясних виробів. Це дозволить мінімізувати ступінь пошкодження тканин м'ясної сировини на етапі заморожування-зберігання-розморожування.

Література

1. Глушков, О. А. Усовершенствование технологии производства быстрозамороженных мясных полуфабрикатов [Текст]: дис... канд. техн. наук / О. А. Глушков. – Одесса, 2010. – 160 с.
2. Холодов, Ф. В. Разработка композиций пищевых добавок криопротекторного действия для сохранения качества мясных полуфабрикатов [Текст]: дис... канд. техн. наук / Ф. В. Холодов. – М., 2011. – 107 с.
3. Яблоненко, Л. А. Исследование влияния глубокого замораживания на качество рубленых мясных полуфабрикатов [Текст]: дис... канд. техн. наук / Л. А. Яблоненко. – Улан – Удэ, 2008. – 123 с.
4. Филипп, Г. О. Справочник по гидроколлоидам [Текст]: пер. с англ. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
5. Milani, J. Hydrocolloids in Food Industry [Текст] / J. Milani, G. Maleki // Food Industrial Processes – Methods and Equipment. – 2012. – №2. – С. 2–37.
6. Thomas, R. L. Hydrocolloids: Fifteen Practical Tips [Текст] / R. L. Thomas // Guaranteed Gums. – 2007. - № 8. – С. 2–17.
7. Krala, L. The effect of hydrocolloid mixtures on frozen pork properties [Текст] / L. Krala, M. Dziomdziora // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2003. – Vol. 12 / 53. - № 4. – С. 55–58.
8. Nishinari, K. Structure and Properties of Food Hydrocolloids - Gels, Emulsions and Foams [Текст] / K. Nishinari // Foods Food Ingredients J. Jpn. – 2008. – Vol. 213. – № 5 – С. 138–141.
9. Эванс, Дж. А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация [Текст]: пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2010. – 440 с.
10. Масліков, М. М. Розморожування м'яса [Текст] / М. М. Масліков // Мясное дело. – 2006 – №8. – С. 40–41.
11. Пристрій для визначення кількості вільної та зв'язаної вологи при температурах, близьких до температури рідкого азоту [Текст]: пат. 13953 Україна: МПК А 23 L 1/00. / Одарченко А. М., Одарченко Д. М., Погожих М. І. – № 200511091; заявл. 23.11.05; опубл. 17.04.06, Бюл. №4. – 6 с.